

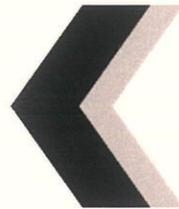
令和5年度「熊本大学病院医療助成金」使用実績報告書

(一般財団法人恵和会寄附金)

使用者 (代表者)	氏名	所属	職名
	吉富 晃子	医療技術部ME機器技術部門	臨床工学技士長
グループ全員	福井 寿啓	心臓血管外科	教授(手術部長)
	平田 直之	麻酔科	教授
	高木 淳	心臓血管外科	特任助教
	大吉 貴文	麻酔科	助教
	田口由美子	中央手術部	看護師長
	山本 陽子	中央手術部	看護師
	小原 大輔	医療技術部ME機器技術部門	臨床工学技士
	村松 智希	医療技術部ME機器技術部門	臨床工学技士
活動テーマ	人工心肺中のトラブル対処トレーニングシステムの構築		
助成金額	350,000 円	助成金使用総額	328,130 円
【使用内訳】			
消耗品 204,940 円 (内訳) 模擬回路作成部品、映像配信用品			
その他 113,190 円 (内訳) マニュアル印刷費・アクションカード印刷、作成費			
【成果】 (※具体的な効果および自己評価も含め1,000字程度)			
心臓血管外科の開心術において人工心肺装置の使用は欠かせず、患者の循環停止を代行する装置の操作に高い技術と専門性が必要とされる。この心臓血管外科手術は、心臓血管外科医師をはじめ、麻酔科医師、看護師、臨床工学技士と多職種の連携によって支えられている。			
人工心肺装置の操作において、トラブルが発生することは患者の生命に直結するものである。特に、トラブルの発生時には迅速な対応と正確な判断が必要とされるため、関与する多職種の連携が患者への影響を左右する。術中のトラブルが早期に発見され、医師へ正確に伝達し、素早い対応ができるよう日ごろからのコミュニケーションの強化と繰り返しのトレーニングが必要だと考えてきた。			
そこで2021年よりトラブルシミュレーションを企画し実施してきたが、より実際に近い状態を再現するための専用回路を作成したことで、人工心肺からの空気誤送を模擬できるようになり、職種別で迅速に対応できるよう作成したマニュアルに従った手順を確認できるようになった。			
今回「開心術における体外循環マニュアル」初版を発行した。作成したシステムは心臓を模擬したものとなっており、循環を停止・再開・吸引など実際と同じような形で体験ができるものとなった。			
また今回のシミュレーショントレーニングは院内だけでなく、県下の人工心肺を使用している施設へWEBを利用した映像の配信を行い、トレーニング方法を共有することができトレーニングの必要性を共有することができた。今後の計画として初版マニュアルに沿った教育とトラブルシミュレーションの継続的な実施を行い、多職種で連携し体外循環時の安全性を向上させていく。			

開心術における 体外循環マニュアル

初 版



Kumamoto University

国立大学法人熊本大学病院

心臓血管外科・医療技術部ME機器技術部門

目 次

人工心肺操作マニュアル

I. 人工心肺関連装置	3
II. 人工心肺プロトコル	4
1. 人工心肺で使用する回路	4
2. 充填量と充填薬剤	4
3. 目標灌流量	5
4. カニューレの種類とサイズ	5
5. 人工心肺で使用する薬剤	6
6. 目標体温	6
III. 人工心肺の準備	7
1. 患者 Flow 表の作成	7
2. 回路の準備	7
IV. 人工心肺開始まで	10
V. 実際の人工心肺操作	11
VI. 人工心肺終了後の処理	13
VII. 特殊体外循環法	14
1. 脳分離体外循環	14
1) 逆行性脳分離体外循環 (RCP)	15
2) 順行性脳分離体外循環 (SCP)	16
2. 上下分離体外循環	18
1) 下行置換術	18
2) 胸腹部置換術	19

心筋保護装置操作マニュアル

I. 心筋保護に関する装置	20
II. 心筋保護に関する準備	21
1. 薬品の準備	21
2. 心筋保護液の作成	21
3. 回路の準備	22
III. 心筋保護装置操作開始まで	24
IV. 実際の心筋保護装置操作	25
1. 初回 Cold Blood Cardioplegia	25
2. 2回目以降 Cold Blood Cardioplegia	26
3. Warm Blood Cardioplegia	27
V. 終了後の処理	28

トラブルシューティングマニュアル

I. 人工心肺に関するトラブル	29
II. アクションカード	31
III. トラブル対応手順書（多職種版）	32
IV. トラブル対応手順書（人工心肺版）	34

このマニュアルは熊本大学病院心臓血管外科手術においての体外循環操作が安全に施行されることを目的に作成している。体外循環操作を行う際には原則としてこのマニュアルを遵守して行うこととする。内容に変更や追加があれば、心臓血管外科医師と協議しマニュアルを改訂すること。

人工心肺操作マニュアル

I.人工心肺関連装置

当院の人工心肺装置はテルモ社製の APS-1 が1台、泉工医科工業社製の HAS-IIIが1台、リヴァノバ社製の S5 が1台ある。メインポンプは遠心ポンプとし1基装備している。またそのほかに吸引・ベント用として3基、ヘモコンセントレータ用として1基、脳分離体外循環用として1基のローラーポンプを搭載している。ローラーポンプを使用する回路は、術野吸引用を白色、術野吸引（ドボン）・ルート用を黄色、ベント用を緑色、脳分離用を桃色で色別けしている。また装置には、温度計（脱血温・送血温）、圧力計（人工肺入口圧・人工肺出口圧・脳分離送血圧・貯血槽内圧）をモニターし酸素流量計と酸素混合器、レベルセンサー、バブルセンサーを搭載している。脱血法には VAVD を採用しているため、VAVD 用の陰圧コントローラを搭載している。

熱交換器への冷却・加温には泉工医科工業社製の冷温水槽 HHC-211D と HHC-300 が各1台ある。

術中自己血回収装置にはリヴァノバ社製のエクストラが3台ある。

<人工心肺装置>



APS-1（テルモ）

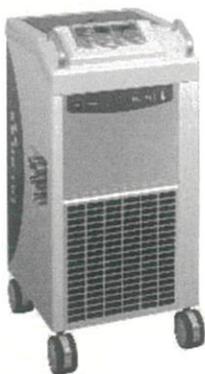


HAS-III（泉工医科工業）



S5（Livanova）

<冷温水槽>



HHC-211D（泉工医科工業）



HHC-300（泉工医科工業）

<自己血回収装置>



Xtra（Livanova）

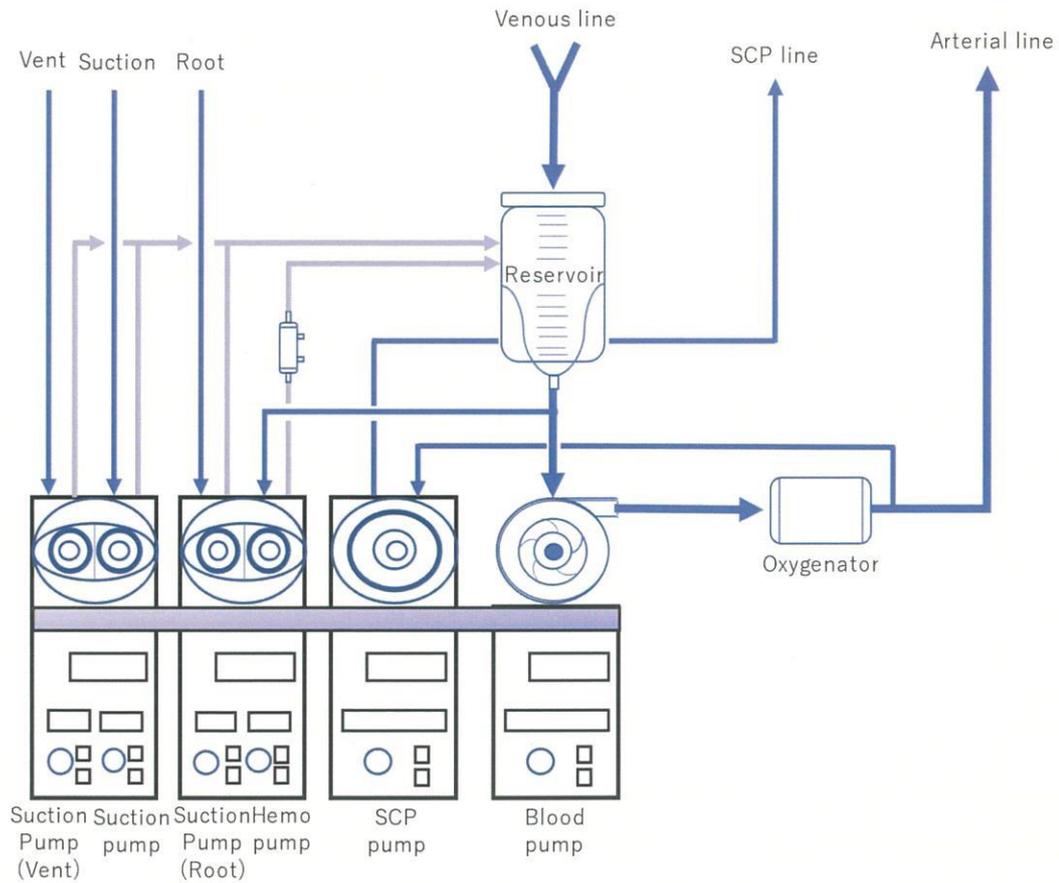
VII. 特殊体外循環

1. 脳分離体外循環

通常の体外循環回路と脳分離体外循環回路をプライミングする。

逆行性脳分離体外循環→分離体外循環キットより【術者側 分離体外循環 2】を術野で使用する。

順行性脳分離体外循環→分離体外循環キットより【術者側 分離体外循環 1】を術野で使用する。



<脳分離体外循環回路図>

術野医師から分離体外循環回路を受け取り、脳分離体外循環回路（ピンク）と接続する。その後、術野医師が黄色吸引と分離体外循環回路を接続したか確認する。接続確認後、脳分離体外循環回路と脳分離シャントラインの鉗子を開放し、黄色吸引を開始することで脳分離体外循環回路を充填する。この際はリザーバ内の充填液量に注意する。充填終了後は術野医師に Air の確認をしてもらい、脳分離ポンプを停止し脳分離体外循環回路と脳分離シャントラインに鉗子をする。術野医師が分離体外循環回路を離断するため、黄色吸引で充填分を貯血槽に回収する。

II. アクションカード

空気誤送時の逆行性送血による空気除去〈1本脱血〉

心臓血管外科医師・MEが空気誤送確認→周囲に空気誤送を伝える

MEは最優先で送脱血を遮断・送血ポンプを停止「人工心肺停止します。」

- (心・ME) 患者さんまで空気が入りましたか？
- (麻) 頸部圧迫と rSO_2 を確認してください
- (心) 頭低位にしますか？→麻酔科の先生は頭低位にしてください
- (ME) 回路の再充填をしてください
- (心) 体温は30℃に冷やしていいですか？→(ME) 冷却を開始してください
- (心) RCPは行いますか？
- (外 NS) 脳分離の回路とカニューレを出してください
- (心) 黄色SUCを送血回路の三活に接続してください
- (麻) CVよりイソゾールを投与してください。レトロをCVPに切り替えておいてください
- (心) ピンク回路を下ろしてください
- (ME) ピンク回路を脳分離送血ラインへ直接繋いで、脳分離回路を充填してください
- (心) メラバルーンカテーテルを入れてください
- (心) RCPを開始してもいいですか？
- (ME) RCPを1L/minで開始してください。黄色SUCも引いてください
 - ・・・(心) 目視で空気除去を確認→空気はなくなりましたか？
- (心) 送血回路の回路側の空気を黄色SUCから引いてください
- (心) 空気は抜けましたか？
- (心) RCPを止めていいですか？
- (ME) RCPと黄色SUCを止めてください
- (ME) 人工心肺を再開してください

空気誤送時の逆行性送血による空気除去〈2本脱血〉

心臓血管外科医師・MEが空気誤送確認→周囲に空気誤送を伝える

MEは最優先で送脱血を遮断・送血ポンプを停止「人工心肺停止します。」

- (心・ME) 患者さんまで空気が入りましたか？
- (麻) 頸部圧迫と rSO_2 を確認してください
- (心) 頭低位にしますか？→麻酔科の先生は頭低位にしてください
- (ME) 回路の再充填をしてください
- (心) 体温は30℃に冷やしていいですか？→(ME) 冷却を開始してください
- (心) RCPは行いますか？
- (外 NS) 脳分離回路からピンク回路、6mm×ルアーコネクタを出してください
- (心) ピンク回路を下ろしてください。
 - ピンク回路の術野側に6mm×ルアーコネクタを付けてください
- (ME) ピンク回路を脳分離送血ラインへ直接繋いで、脳分離回路を充填してください
- (心) 6mm×ルアーコネクタをSVC脱血のルアー付きコネクタに接続し、
 - 送血出来るようにAir抜きをしてください
- (心) 黄色SUCを送血のヒゲの三活に接続してください
- (麻) CVよりイソゾールを投与してください。レトロをCVPに切り替えておいてください
- (心) RCPを開始してもいいですか？
- (ME) RCPを1L/minで開始してください。黄色SUCも引いてください
 - ・・・(心) 目視で空気除去を確認→空気はなくなりましたか？
- (心) 送血回路の心肺側の空気を黄色SUCから引いてください
- (心) 空気は抜けましたか？
- (心) RCPを止めていいですか？
- (ME) RCPと黄色SUCを止めてください
- (ME) 人工心肺を再開してください

CASE3. 患者への空気誤送に対する逆行性送血による空気除去（2本脱血）

状況	心臓血管外科医師	麻酔科医	看護師	ME
術野へ空気誤送	<input type="checkbox"/> 空気確認			<input type="checkbox"/> 空気確認
状況確認 人工心肺停止	<input type="checkbox"/> 状況確認（回路側or術野側） <input type="checkbox"/> 送血回路の送血ビグより機械側で遮断 <input type="checkbox"/> SVC・IVC脱血回路遮断	<input type="checkbox"/> 頭部圧迫 <input type="checkbox"/> rS02確認	<input type="checkbox"/> 器械出し準備 →アメリカンコックヘル	<input type="checkbox"/> 状況報告 （術野に空気送ったことを報告） <input type="checkbox"/> 人工心肺停止宣言 <input type="checkbox"/> 送血遮断 <input type="checkbox"/> リザーバレベルを確認して脱血遮断 <input type="checkbox"/> 人工心肺回路内の再充填を行う
体位・体温・RCP施行	<input type="checkbox"/> 体位の指示（麻酔科医へ） <input type="checkbox"/> 体温の指示（30℃） <input type="checkbox"/> RCP施行の指示	<input type="checkbox"/> 頭低位へ	<input type="checkbox"/> 外回り準備 →MEから脳分離回路を受け取り 6mmチューブと6mm×1/7コネクタを術野に出す	<input type="checkbox"/> 体温冷却・RCP施行の確認 <input type="checkbox"/> 指示温度まで冷却開始（30℃目標） <input type="checkbox"/> 脳分離回路準備（術野） →6mmチューブ 6mm×1/7コネクタ
RCP準備	<input type="checkbox"/> RCP回路（ヒック）を心肺側へ渡す <input type="checkbox"/> RCP回路を血液充填指示 <input type="checkbox"/> SVC脱血回路の10×10#7-に6mm×1/7コネクタと6mmチューブ接続 <input type="checkbox"/> 黄色SUCを送血ビグの三活に接続	<input type="checkbox"/> イッパ-ル準備		<input type="checkbox"/> 脳分離回路とRCP回路を接続 <input type="checkbox"/> RCP回路を血液充填・白SUC UP
RCP開始（空気除去開始）	<input type="checkbox"/> SVC脱血回路を遮断解除し、RCPから血液送血する（脱血回路の空気除去） <input type="checkbox"/> RCP送血停止宣言・RCP停止宣言 <input type="checkbox"/> RCP開始指示 <input type="checkbox"/> 送血ビグから黄色SUCで空気除去	<input type="checkbox"/> CVよりイッパ-ル500mg投与 <input type="checkbox"/> 1/10圧→CVPEに切替	<input type="checkbox"/> 器械出し準備 →アメリカンコックヘル 50ccロック付きシリンジ 生食ガーゼ たみみガーゼ	<input type="checkbox"/> RCP送血・脱血回路遮断解除 （脱血側の空気除去） <input type="checkbox"/> RCP停止・脱血回路遮断 <input type="checkbox"/> RCP開始（1L/min） <input type="checkbox"/> 黄色SUC開始
RCP終了（空気除去終了） 人工心肺再開	<input type="checkbox"/> 空気除去を目視で確認 <input type="checkbox"/> RCP終了指示 <input type="checkbox"/> 送血ビグより患者側を遮断 <input type="checkbox"/> 送血回路の機械側の鉗子を開放し送血回路の空気除去 <input type="checkbox"/> 脱血回路遮断解除 <input type="checkbox"/> 送血ビグより患者側を遮断解除 <input type="checkbox"/> 人工心肺再開指示	<input type="checkbox"/> rS02確認		<input type="checkbox"/> RCP終了 <input type="checkbox"/> 送血回路遮断解除 （黄色SUCから送血回路の空気除去） <input type="checkbox"/> 黄色SUC停止 <input type="checkbox"/> 送血回路遮断 <input type="checkbox"/> 人工心肺再開 （IVC遮断解除確認・声掛け） <input type="checkbox"/> rS02確認 （低体温・輸血・CO2付加）

CASE3. 患者への空気誤送に対する逆行性送血による空気除去（1本脱血）

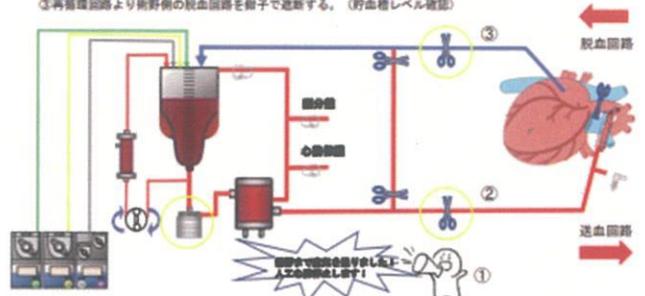
状況	心臓血管外科医師	麻酔科医	看護師	ME
術野へ空気誤送	<input type="checkbox"/> 空気確認			<input type="checkbox"/> 空気確認
状況確認 人工心肺停止	<input type="checkbox"/> 状況確認（回路側or術野側） <input type="checkbox"/> 送血回路の送血ビグより機械側で遮断 <input type="checkbox"/> 脱血回路遮断	<input type="checkbox"/> 頭部圧迫 <input type="checkbox"/> rS02確認		<input type="checkbox"/> 状況報告 （術野に空気送ったことを報告） <input type="checkbox"/> 人工心肺停止宣言 <input type="checkbox"/> 送血遮断 <input type="checkbox"/> リザーバレベルを確認して脱血遮断 <input type="checkbox"/> 人工心肺回路内の再充填を行う
体位・体温・RCP施行	<input type="checkbox"/> 体位の指示（麻酔科医へ） <input type="checkbox"/> 体温の指示（30℃） <input type="checkbox"/> RCP施行の指示 <input type="checkbox"/> SVC剥離・確保	<input type="checkbox"/> 頭低位へ	<input type="checkbox"/> 外回り準備 →MEから3/8インチ12Fr 6mmチューブを受け取り術野に出す 白テープ・ケネットを出す <input type="checkbox"/> 器械出し準備 →3/8インチ生食でカフチェック（2.5cc） SVCに3-07スリックス ナハコキナ	<input type="checkbox"/> 体温冷却・RCP施行の確認 <input type="checkbox"/> 指示温度まで冷却開始 （30℃目標） <input type="checkbox"/> 脳分離回路準備（術野） →6mmチューブ 3/8インチ12Fr
RCP準備	<input type="checkbox"/> 黄色SUCを送血ビグの三活へ接続 <input type="checkbox"/> 6mmチューブ（ヒック）を心肺側へ渡す <input type="checkbox"/> 6mmチューブ先端に3/8インチ12Frを接続 <input type="checkbox"/> 脳分離回路を血液充填指示	<input type="checkbox"/> イッパ-ル準備	<input type="checkbox"/> 器械出し準備 一直角・白テープ・ケネット 7/16コックヘル	<input type="checkbox"/> 脳分離回路と6mmチューブを接続 <input type="checkbox"/> 脳分離回路を血液充填・白SUC UP
RCP開始（空気除去開始）	<input type="checkbox"/> 3/8インチ12Fr挿入 <input type="checkbox"/> RCP開始指示 <input type="checkbox"/> 送血ビグから黄色SUCで空気除去	<input type="checkbox"/> CVよりイッパ-ル500mg投与 <input type="checkbox"/> 1/10圧→CVPEに切替	<input type="checkbox"/> 器械出し準備 →Drに3/8インチ12Frを渡す	<input type="checkbox"/> RCP開始（1L/min） <input type="checkbox"/> 黄色SUC開始
RCP終了（空気除去終了） 人工心肺再開	<input type="checkbox"/> 空気除去を目視で確認 <input type="checkbox"/> RCP終了指示 <input type="checkbox"/> 送血ビグより患者側を遮断 <input type="checkbox"/> 送血回路の機械側の鉗子を開放し送血回路の空気除去 <input type="checkbox"/> 送血ビグより患者側を遮断解除 <input type="checkbox"/> 脱血回路遮断解除 <input type="checkbox"/> 人工心肺再開指示	<input type="checkbox"/> rS02確認		<input type="checkbox"/> RCP終了 <input type="checkbox"/> 送血回路遮断解除 （黄色SUCから送血回路の空気除去） <input type="checkbox"/> 黄色SUC停止 <input type="checkbox"/> 送血回路遮断 <input type="checkbox"/> 人工心肺再開 <input type="checkbox"/> rS02確認 （低体温・輸血・CO2付加）

Case3

患者への空気脱送に対する逆行性送血による空気除去
2) 1本脱血の場合

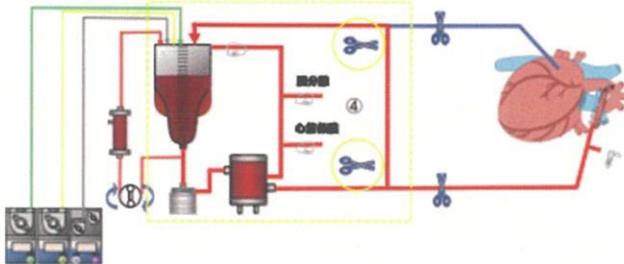
※1本脱血の場合

- ①術者へ状況報告する。
- ②通心ポンプの流量を下げ、再循環回路より術野側の送血回路を遮断する。
- ③再循環回路より術野側の脱血回路を閉鎖する。(貯血槽レベル確認)



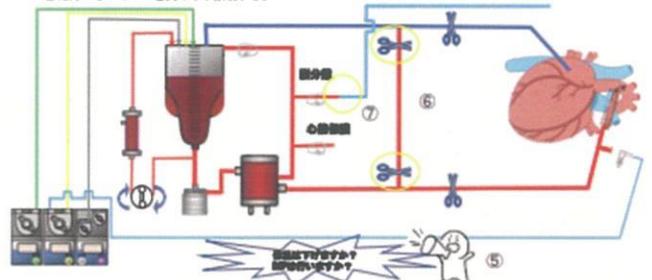
※1本脱血の場合

- ④再循環回路の閉鎖を開放する。通心ポンプの流量を上げ、再循環回路で血液を循環させることで回路内の空気を除去する。



※1本脱血の場合

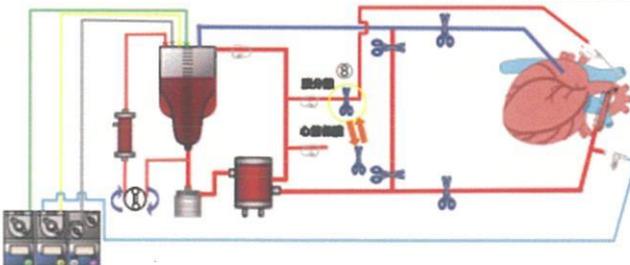
- ⑤体温冷却・RCP進行の確認を行う。必要な場合、30℃目標で冷却開始し術野に脳分層回路 (5mmチューブと30°カテーテル) を準備する。
- ⑥再循環回路の閉鎖を遮断する。
- ⑦術野から5mmチューブを受け取り接続する。



※1本脱血の場合

- ⑧術者より血液充填指示後、脳分層回路先の閉鎖を開放し血液充填を行う。血液充填後は再度閉鎖をしておく。白SUC UPする。

※ Dr
・メラブールカテーテルと5mmチューブを接続し血液充填
・SUCへメラブールカテーテル挿入



※1本脱血の場合

- ⑨逆行性送血 (RCP) を開始する。<通心ポンプ 流量 1L/min>
- ⑩黄色SUCを開始する。

